



Työterveyslaitos | Arbetshälsöinstitutet
Finnish Institute of Occupational Health

Äidin työmelun vaikutus syntyvän lapsen kielelliseen kehitykseen

Soile Jungewelter
Helena Taskinen
Marja-Liisa Lindbohm
Eira Jansson-Verkasalo
Markku Sallmén
Minna Huotilainen
Rauno Pääkkönen
Esko Toppila
Erkko Airo
Jouko Remes





Työterveyslaitos | Arbetshälsöinstitutet
Finnish Institute of Occupational Health

Äidin työmelun vaikutus syntyvän lapsen kielelliseen kehitykseen

TYÖSUOJELURAHASTON HANKERAPORTTI

Soile Jungewelter
Helena Taskinen
Marja-Liisa Lindbohm
Eira Jansson-Verkasalo
Markku Sallmén
Minna Huutilainen
Rauno Pääkkönen
Esko Toppila
Erkko Airo
Jouko Remes

Työterveyslaitos

Helsinki 2019



Työterveyslaitos

Tutkimus- ja palvelukeskus Työturvallisuus

Työlääketiede

PL 40

00032 Työterveyslaitos

www.ttl.fi

Toimitus: Soile Jungewelter, Helena Taskinen ja Marja-Liisa Lindbohm

Valokuvat: tutkimusryhmä, ThinkStock

Piirroksat: tutkimusryhmä

© 2019 Työterveyslaitos ja kirjoittajat

Työsuojelurahaston hankenumero 112238

Julkaisu on toteutettu Työsuojelurahaston tuella.

Tämän teoksen osittainenkin kopiointi on tekijänoikeuslain (404/61, siihen myöhemmin tehtyine muutoksineen) mukaisesti kielletty ilman asianmukaista lupaa.

ISBN 978-952-261-807-8 (nidottu)

ISBN 978-952-261-714-9 (PDF)

PunaMusta Oy, Tampere 2019



TIIVISTELMÄ

Melun mahdollisesta haitallisuudesta sikiönkehityksen aikana ja melun pääsystä kohtuun on niukasti tutkimustietoa. Hyvin toimiva keskushermostollinen kuullun prosessointi on oleellista puheen ja kielen oppimisen kannalta. Viiveet ja häiriöt tulisi tunnistaa mahdollisimman varhain ja aloittaa tarvittaessa kehityksen tukeminen. Erilaiset ympäristön haitta-tekijät voivat heikentää lapsen kuulotiedon käsittelyn ja kielen kehitystä. Yksi tällainen tekijä on melu.

Hankkeessa tutkittiin äidin raskaudenaikaisen työmelulle altistumisen vaikutusta lapsen kielelliseen kehitykseen yhden ja kahden vuoden iässä. Tutkimme erityisesti teollisen melun, korkeataajuisen hammashoitolamelun, lastentarhojen ihmismelun ja musiikin aiheuttaman melun vaikutuksia. Mittasimme melutasojen eroja eri korkeuksilla sekä suojavaate-tuksen merkitystä vatsan alueelle kohdistuvan melualtistuksen arvioimiseksi. Lisäksi tutkimme äidin äänen etenemistä eri materiaalien läpi.

Tutkimuksen perusaineiston muodostivat melulle altistavilla ja altistamattomilla aloilla työskentelevät naiset viidestä ammattiliitosta, joiden jäsenille lähetettiin taustakysely lapsen ollessa 1,5–11 kuukauden ikäinen. Kyselyssä kerättiin tietoja mm. äidin työoloista ja melualtistumisesta. Näin saatiin altistumistiedot ennen lapsen puheen kehitystä koskevaa kyselyä. Kyselylomake lähetettiin 855 äidille, joista 579 palautti lomakkeen.

Melualtistumisen arvioinnissa käytettiin vastauksia ammatista, työtehtävistä, työpisteestä, kuulonsuojainten käytöstä ja melusta ja mahdollisia melumittaustuloksia. Melualtistumisen asiantuntija arvioi altistumisen tietämättä lasten kielellisen kehityksen tuloksia. Äidin työaikainen melualtistuminen arvioitiin yksilöllisesti eri raskauskolmanneksina. Myös isku-melulle sekä vapaa-ajan melulle altistuminen arvioitiin. Melualtistuminen jaettiin neljään luokkaan: altistumattomat (<70 dB), vähän (70–80 dB), kohtalaisesti (>80 mutta <85 dB) ja voimakkaasti altistuneet (≥85 dB).

Toisessa kyselyvaiheessa äideille lähetettiin esikielellisen kommunikaation ja kielellisen kehityksen arvioimiseksi Esikko-kyselylomake, joka pyydettiin täyttämään lapsen ollessa 1-vuotias (± 1 viikko). Esikko-kyselyssä korkein mahdollinen kokonaispistemäärä on 57. Lisäksi kysyttiin täydentäviä tietoja raskausajasta, lapsen terveydestä ja korvatulehduksista, äidin terveydestä ja elintavoista, äidin ja lapsen vuorovaikutuksesta, perheenjäsenten puheen ja/tai kielellisen kehityksen viivästymistä tai poikkeavuuksista, ja stressistä. Kyselyyn vastasi 412 äitiä.

Kolmannessa kyselyvaiheessa 2-vuotiaiden (± 2 viikkoa) äideille lähetettiin varhaisen kommunikaation ja kielen kehityksen arviointilomake (MacArthur Communicative Development Inventories, MCDI). Korkein sanavaraston kokonaispistemäärä on 595. Lisäksi kysyttiin täydentäviä tietoja lapsen ja äidin terveydestä, lapsen kuulosta ja korvatulehduksista,

äidin ja lapsen vuorovaikutuksesta 1-vuotiskyselyn jälkeiseltä ajalta. Kyselyyn vastasi 292 äitiä.

Melulle altistuneiden äitien lasten kielellisen kehityksen pisteiden keskiarvoja verrattiin altistumattomien tunnuslukuihin. Ryhmien välistä eroa analysoitiin lineaarisella regressiomallilla. Monimuuttujamallissa kontrolloitiin muiden selittävien tekijöiden mahdollinen sekoittava vaikutus. Analyysissä käytettiin SAS - ja SPSS -ohjelmia.

Hankkeessa tutkittiin myös äänen ja värinän etenemistä sikiöön kokeellisessa asetelmassa, jossa simuloitiin kohtuolosuhteita raskauden aikana. Kokeessa mitattiin muovipussissa olleen veden värähtelyä hydrofonilla ja tuottamalla ääntä muovipussin ulkopuolella sekä värähtelyttämällä pussia akustisessa kammiossa.

Yhden vuoden ikäisillä lapsilla ei löytynyt tilastollisesti merkitseviä eroja vakioiduissa Esikko-kyselyn pisteiden keskiarvoissa melu-altistumisryhmien välillä. Tytöillä oli korkeammat kielellisen kehityksen pisteiden keskiarvot kuin pojilla. Vakioidut keskiarvot pojilla olivat 30.1 (95% CI 28.3–31.8) altistumattomilla, 29.7 (27.4–32.0) vähän altistuneilla ja 29.3 (26.7–31.9) kohtalaisesti/voimakkaasti altistuneilla. Vakioidut keskiarvot olivat tytöillä 33.7 (31.9–35.5), 33.8 (31.3–36.4) ja 33.6 (31.3–36.0). Melu-altistumilla ei ollut selkeää yhteyttä kielen kehityksen eri osa-alueilla (sosiaalinen kommunikaatio, puheen tuottaminen ja puheen ymmärtäminen). Melulle altistuneiden lastentarhaopettajien ryhmässä (ihmismelu) pisteiden keskiarvo oli matalampi kuin altistumattomilla lastentarhaopettajilla ($p=0.05$). Teollisella tai hammashoitolamelulla ei ollut vastaavaa vaikutusta. Puhuminen, lukeminen ja laulaminen lapselle olivat yhteydessä korkeampiin keskiarvoihin koko aineistossa.

Kahden vuoden ikäisillä lapsilla raskaudenaikainen melu ei liittynyt syntyvän lapsen sanavaraston laajuuteen missään melu-altistumisryhmässä. MCDI -kyselyn pisteiden keskiarvot eivät eronneet merkitsevästi altistuneiden ja altistumattomien välillä. Vakioidut sanavaraston pistekeskiarvot tytöillä olivat 295 (95% CI 254–336) altistumattomilla, 303 (243–362) vähän altistuneilla ja 269 (212–326) kohtalaisesti/voimakkaasti altistuneilla. Pojilla vastaavat keskiarvot olivat 200 (154–246), 178 (111–246) ja 225 (153–298). Tytöillä havaittiin merkitsevästi paremmat keskiarvot kuin pojilla. Laulaminen lapselle oli selkeästi yhteydessä korkeampiin keskiarvoihin.

Kokeellisessa asetelmassa sekä ääni että värähtely johtuivat veteen, joten lapsivedessä esiintyy äänestä tai värinästä syntyviä värähtelyjä. Äänilähteen suunnalla – ylhäältä tai alhaalta – ei ollut merkitystä. Alle 1000 Hz taajuuksilla paidalla ja liivillä vaimennus oli noin 10 dB ja lyijyliivillä 20–30 dB. Ainoastaan lyijyliivi suojaasi tätä korkeammilla taajuuksilla. Noin 2000 Hz kohdalla havaittiin resonanssiipiikki, joka oli liivipuvulla kaikkein selvin. Tärinätutkimuksessa parhaan eristyksen antoivat paksu muovi ja viisinkertainen huopakeros, seuraavaksi parhaan antoi huopa. Ohut muovi ei eristänyt lainkaan. Suoja, huopa ja ohut muovi jopa vahvistivat värinää tietyillä taajuuksilla.



Työmelun vaikutuksia syntyvän lapsen kielelliseen kehitykseen ei ole aiemmin tutkittu. Tulostemme perusteella raskauden aikainen melu ei näytä vaikuttavan lapsen kielelliseen kehitykseen yhden tai kahden vuoden iässä. Viitteellinen havainto, jossa lastentarhanopettajien keskuudessa todettiin melulle altistuneiden lapsilla pienempi sanavarasto kuin altistumattomien lapsilla. Tämä antaa aihetta jatkoselvityksiin eri melutyypin merkityksestä.

Tutkimuksen vahvuuksia olivat melualtistumistietojen keruu kuukausia ennen kielellisen kehityksen arviointia, altistumisen arviointi sokkoutettuna, validoitujen kielen kehityksen mittarien käyttö ja tunnettujen riskitekijöiden kontrollointi analyyseissä. Osallistumisaktiivisuus tutkimuksen eri vaiheissa oli melko hyvä. Valikoituneen osallistumisen vaikutusta tuloksiin ei voitu täysin poissulkea. Voimakkaasti melulle altistuneiden (≥ 85 dB) äitien ryhmä oli suhteellisen pieni, minkä vuoksi heitä ei voitu analysoida erikseen.

Kokeellisen melu- ja värinä tutkimuksen tulokset osoittivat, että vaatetus vaimentaa jonkin verran sikiön altistumista, mutta vaimennus ei ole merkittävä. Vain radiologien käyttämä lyijyesiliina pystyi pysäyttämään ääniaaltojen kulun. Värinän eteneminen kohtuun voidaan estää vain eristämällä tarisevat laitteet.

Nykyisten työsuojelusäännösten perusteella on määritetty, ettei raskaana olevan työntekijän päivittäinen melualtistuminen saisi ylittää 85 dB. Tutkimuksessamme sikiöaikainen melualtistuminen < 85 dB ei osoittautunut haitalliseksi syntyvän lapsen kielelliselle varhaiskehitykselle. Emme kuitenkaan voineet analysoida erikseen voimakkaasti altistuneita ryhmiä näiden pienen koon vuoksi. Tulokset eivät anna perustetta suositusten muuttamiseen eli 85 dB raja on syytä pitää jatkossakin käytännön ohjeena.

Työsuojelurahasto on osallistunut hankkeen rahoittamiseen.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

1	Taustaa	8
1.1	Melulle altistuminen.....	9
1.2	Melualtistumisen vaikutus sikiöön	10
1.3	Melun välittyminen sikiöön	10
1.4	Työmelun vaikutuksesta raskauteen, sikiön kehitykseen ja kuuloon.....	11
1.5	Lapsen kielellinen kehitys ja raskaudenaikainen melu	11
1.6	Nykyinen lainsäädäntö Suomessa ja eräissä muissa maissa	13
2	Tutkimuksen tavoitteet, tulosten hyöty ja sovellettavuus	15
2.1	Tutkimuskysymykset.....	15
2.2	Tulosten hyöty ja sovellettavuus	15
3	Lapsen kielellinen kehitys ja raskauden-aikainen melu	16
3.1	Materiaali ja menetelmät	16
3.1.1	Aineisto	16
3.1.2	Kielen kehityksen mittarit.....	16
3.1.3	Kyselyt.....	18
3.1.4	Altistumisen arviointi	19
3.1.5	Aineiston analysointi.....	21
3.2	Tulokset	22
4	Kokeelliset melu- ja värinämittaukset	25
4.1	Taustaa	25
4.2	Kohtu raskauden aikana	25
4.3	Aineisto ja mittausmenetelmät	26
4.3.1	Äänimittaukset	26
4.3.2	Tärinämittaukset.....	27
4.3.3	Analysointi.....	27



4.4	Tulokset	28
4.4.1	Äänimittaukset	28
4.4.2	Tärinämittaukset.....	28
5	Pohdinta	30
6	Eettiset ja tietosuojanäkökulmat	31
7	Tiedotus ja muu tiedon hyödyntäminen.....	32
7.1	Kongressiabstractit	32
7.2	Muut julkaisut	32
8	Lähteet.....	33



1 TAUSTAA

Naiset altistuvat työmelulle useilla eri toimialoilla, mutta sen mahdollisista haittavaikutuksista raskauden aikana sikiölle on vähän tutkimustietoa. Eräiden keskostutkimusten ja eläintutkimusten perusteella on mahdollista, että sikiön altistuminen melulle vaikuttaa keskushermostolliseen kuullun prosessointiin ja välillisesti kielelliseen kehitykseen (Kim et al. 2006; Huotilainen 2010; Partanen et al. 2013^b). Sen seurauksena voi olla mm. heikentynyt käsitteiden oppiminen. Jopa lyhytaikaisen melun on osoitettu heikentävän kuulotiedon käsittelyä taaperoikäisillä. Pienetkin puutteet kielellisissä taidoissa jo elämän varhaisvaiheessa voivat hidastaa oppimisprosesseja (Jansson-Verkasalo et al. 2003, 2010). Oppimisen edellytyksiä ovat yksilön oppimiskyvyn ohella hyvät äidinkielen taidot. Pitkän työuran edellytys on elinikäinen koulutus ja kouluttautuminen. Näistä syistä on tärkeää selvittää, liittyykö raskaana olevien naisten työmelualtistumiseen riski tällaiseen keskushermoston toiminnan häiriytymiseen syntyvällä lapsella. Mikäli melu osoittautuisi riskitekijäksi, on tärkeää ehkäistä haitat rajoittamalla raskaudenaikaista melualtistumista. On myös tärkeää tunnistaa mahdolliset haittavaikutukset varhain, jotta voidaan käynnistää kuntoutustoimenpiteet mahdollisimman pian ja jotta lapsille tarjoutuisi aikuisina mahdollisuus mielek-



kääseen työuraan ja vahvaan ammatilliseen identiteettiin. Raskauden aikaisen melun vaikutuksia syntyvän lapsen kielelliseen kehitykseen ja käsitteenmuodostuskykyyn ei ole aiemmin tutkittu.

Hyvin toimiva keskushermostollinen kuullun prosessointi on oleellista puheen ja kielen oppimisen kannalta. Jo ensimmäisen ikävuoden loppuun mennessä on lapsen äidinkielen keskushermostollinen kuullun erottelu hyvin kehittynyt. Kahden vuoden iässä voidaan tunnistaa lapset, joilla on poikkeamaa kielen kehityksessä. Usein äidit ovat havainneet mahdolliset poikkeavuudet ja viiveet kehityksessä jo ennen kahden vuoden ikää. Jos lapsi on terve, eikä fyysisiä poikkeavuuksia ole, viiveet ja eroavaisuudet kielen ja kommunikaation kehityksessä ovat selvin ennusmerkki kehityksellisistä ongelmista (Wetherby ja Prizant 1996).

Tässä hankkeessa tutkittiin äidin raskaudenaikaisen työmelulle altistumisen vaikutusta syntyvän lapsen kielelliseen kehitykseen yhden ja kahden vuoden iässä. Tutkimme erityisesti teollisen melun, korkeataajuisen hammashoitolamelun, lastentarhojen ihmismelun ja musiikin aiheuttaman melun vaikutuksia. Tutkimme myös kokeellisessa asetelmassa melumittauksin melutasojen mahdollisia eroja korvan ja vatsan korkeudella pohjatiedoksi vatsan alueelle kohdistuvan melualtistuksen arvioimiseksi. Lisäksi tutkimme sekä äänen että värähtelyn johtumista simuloituun lapsiveteen.

1.1 Melulle altistuminen

Melulla tarkoitetaan yleensä tarpeetonta, haitallista ääntä. Melun haitallisuus voi johtua äänen voimakkuudesta, mutta myös häiritsevyydestä. Melualtistuminen työssä on yleistä, vaikka melutasot ovat viime vuosina laskeneet meluntorjunnan keinoin. Melulta ei kuitenkaan voi täysin välttyä. Työntekijät voivat altistua työympäristön melulle ravintoloissa, elintarviketeollisuudessa, pesuloissa, muusikon työssä, kouluissa ja lastentarhoissa sekä rakennuksilla ja useissa teollisuuden ammateissa. Raskauden aikana sikiötä ei voi suojata melulta perinteisin henkilösuojaimin.

Suomessa yli 80 dB melulle altistuu työssä Työterveyslaitoksen arvion (Työ ja Terveys, Työterveyslaitos 2012) mukaan noin 110 000 naista, näistä yli 85 dB melulle altistuvia on noin 24 000 (22 %). Impulssimelulle altistuvia on noin 1500. Tilastokeskuksen vuoden 2007 työvoimatutkimuksen työllisiä koskevien tietojen perusteella 68 % työllisistä naisista on hedelmällisessä iässä eli 15–49 -vuotiaita. Siten hedelmällisessä iässä yli 80dB melulle altistuvia naisia on noin 75 000 ja näistä yli 85 dB melulle altistuvia noin 16 000 naista. Yleinen hedelmällisyysluku eli syntyvyys vuonna 2005 oli Stakesin tilaston perusteella 48,9 tuhatta naista kohden. Siten yli 80 dB melulle altistuneille naisille syntyy vuosittain arviolta noin 3660 lasta. Yli 85 dB melulle altistuneille naisille syntyy noin 800 lasta ja 80–85 dB melulle altistuneille noin 2860 lasta vuodessa.

Arviolta 4 % raskaana olevista altistuu 80 dB(A) ylittävälle melulle. Vuonna 2009 se merkitsi arviolta 2400 tulevaa äitiä. Työ ja Terveys 2006 -kyselyssä noin 250 000 naista vastasi "kyllä" kysymykseen, esiintyykö omassa työympäristössä koskaan niin kovaa melua, että tavallinen puhe ei kuuluisi metrin päästä. Näistä tulevia äitejä olisi arvion mukaan ollut 3125.

1.2 Meluallistumisen vaikutus sikiöön

Terve sikiö on raskausviikoilta 23–28 lähtien valmis reagoimaan akustisille ärsykkeille. Valitsevat äänet kohdussa ovat äidin sydänäänet, ääni, hengitys, liikehdintä sekä suolistoaänet. Tämä taustäääni ei todennäköisesti ole koskaan alhaisempi kuin 28 dB ja voi saavuttaa esimerkiksi 84 dB tason, kun äiti laulaa (Abrams et al. 2000). Jotta äänet tavoittaisivat sikiön, niiden pitää olla voimakkaampia ja frekvenssiltään matalampia kuin taustäänten. Korkeat taajuudet vaimenevat äidin kudosten kautta. Tutkimuksissa on todettu, että kohdunsisäinen äänen vaimeneminen on noin 10–40 dB 4000 Hz:n taajuudessa.

1.3 Melun välittyminen sikiöön

Hydrofoneilla on tehty kohdunsisäisiä raskauden aikaisia melutason mittauksia. Ääni johdetaan sikiön korvaan äänenä ja tärinänä. Kun ilmaääni osuu kohtuun, siitä heijastuu osa pois ja osa välittyy kohtuun. Äänen heijastumisen ja kohtuun jäämisen suhde riippuu äänen taajuudesta. Hyvin matalilla taajuuksilla suurin osa äänestä välittyy kohtuun, mutta taajuuden kasvaessa osuus pienenee. Korkeilla taajuuksilla kohdun vaimennus on 15–30 dB (European Agency for Safety and Health at Work 2005¹). Kohdunsisäiset mittaukset osoittivat, että sikiö ei ollut merkittävästi suojattu kovalta ääniltä. Kirjoittajat siteeraavat tutkimusta vapaaehtoisilla naisilla, jossa todettiin 10 dB maksimaalinen kohdunsisäinen äänen vaimennus 4000 Hz taajuudella. Tutkimuksessa emälampailla meluvaimennus oli 20 dB 4000 Hz taajuudella, mutta melu oli 2–5 dB voimakkaampaa 250 Hz taajuudella (Gerhardt et al. 2000¹; Gerhardt et al. 2000²). Vaahtomuoviset kuulonsuojaintulpat tarjoavat 12–20 dB vaimennuksen ja niitä pidetään vähimmin tehokkaina kuulonsuojaimina. (European Agency for Safety and Health at Work 2005²).

Mikäli äiti nojaa tärisevään koneeseen tai laitteeseen, voi pienitaajuinen tärinä välittyä kohtuun ja mm. kuulua meluna sikiön korvassa. Tällaista altistumista tärinälle voi esiintyä ammateissa, joissa työstettäviä kappaleita asetetaan laitteisiin ja työntekijä nojaa samalla laitteen tärisevään alustaan.

Sikiön sydänäänimuutosten perustella on arvioitu kuulon ulkopuolisia vasteita meluun. Lampailla, joka on osoittautunut hyväksi mallieläimeksi melututkimuksissa, melu vaikuttaa sikiön sydänääniin (Porcaro et al. 1996). Muutokset voivat olla pysyviä tai tilapäisiä.

1.4 Työmelun vaikutuksesta raskauteen, sikiön kehitykseen ja kuuloon

Naisen melutyön lisääntymisterveydellisistä vaikutuksista on eniten näyttöä raskaudenaikaisen altistumisen yhteydestä alentuneeseen syntymäpainoon (Nurminen 1995). Altistuminen noin 85 dBLAeq(8h) tai voimakkaammalle melulle oli yhteydessä sikiön kasvun hidastumiseen (Nurminen ja Kurppa 1989; Hartikainen et al. 1994). Alle 85 dBL melulle altistumisella ei havaittu yhteyttä alentuneeseen syntymäpainoon (Wu et al. 1996). Vuorotyötä tekeillä, noin 85 dBLAeq(8h) tai sitä voimakkaammalle melulle altistuneilla oli kohonnut uhkaavan keskenmenon (verenvuodot) ja raskaudenaikaisen verenpaineen nousun riski (Nurminen ja Kurppa 1989).

Raskausajan melun on epäilty vaikuttavan suoraan lapsen kuuloon, mutta myös vastakkaisia tutkimustuloksia on saatu. Rocha et al. (2007) tutkivat raskauden aikana työmelulle ($>80\text{dBSPL}$ – $<90\text{dBSPL}$) altistuneiden äitien lasten kuuloa käyttäen mittarina otoakustisia emissioita (OAE). Tutkijat eivät havainneet altistuneiden ja altistumattomien naisten lasten kuulossa eroa 0–6 kuukauden iässä. Kanadalaisessa tutkimuksessa (Lalande et al. 1986) havaittiin kolminkertainen riski korkeataajuiseen kuulon alenemaan 0–4 -vuotiailla lapsilla, joiden äidit olivat työskennelleet raskausaikana vähintään kuukauden 85–95 dB melussa ja suurentunut riski kuulon alenemaan 4000 Hz taajuudella, kun äidit olivat altistuneet matalataajuiselle melulle. Tuloksen luotettavuutta rajoittavat sen metodiset ongelmat, kuten esimerkiksi pienet havaintolukumäärät. Ruotsalainen julkaisu (Selander et al. 2016) raportoi raskaudenaikaisen työmelun (≥ 85 dB) vaikuttavan lapsen kuuloon haitallisesti. Tässä tutkimuksessa melualtistuminen luokiteltiin ns. työaltistematriisiin (job exposure matrix) avulla kolmeen kategoriaan. Matriisissa arvioidaan tyypillisen altistumisen yleisyys ja voimakkuus ammattiryhmittäin. Luokittelu ei siis perustu yksilön työtehtäviin, mikä saattaa aiheuttaa melualtistumisen virheluokitusta.

Kotimaisessa katsauksessa Työaltisteet ja raskaus (Mäki-Jokela et al. 2014) todetaan, että raskaudenaikainen melulle altistuminen saattaa aiheuttaa lapsen alentuneen syntymäpainon, ja että näyttöä melualtistumisen vaikutuksesta syntyvän lapsen kuuloon on vähän.

1.5 Lapsen kielellinen kehitys ja raskaudenaikainen melu

Sikiökauden sensoriset ärsykkeet ovat normaalin kehityksen edellytys. Raskauden toisella puoliskolla kuulojärjestelmä kehittyy huomattavasti. Sisäkorvan ja kuulohermon sekä kuulojärjestelmän tumakkeiden solut hakeutuvat paikoilleen, kuuloaivokuoren solut vaeltavat kohteisiinsa, ja vähitellen alueiden välille muodostuu yhteyksiä. Yhteyksien muodostuminen vaatii stimulaatiota, joita kuulohermossa kulkee jo raskausviikolta 20 alkaen. Normaali ääniympäristö raskausaikana sisältää äidin elimistön ääniä, vääristynyttä äidin puheääntä

sekä äidin kehon ulkopuolelta kantautuvia vaimentuneita ääniä. Tämä ääniympäristö ei ole satunnainen vaan sisältää elementtejä, jotka muokkaavat kuulojärjestelmää kohti puheen havaitsemista. Erityisesti äidin puheäänien kuuleminen ja puheessa esiintyvien säännönmukaisuuksien havainnointi on todennäköisesti merkittävässä roolissa kuulojärjestelmän kehittämisessä (Huotilainen 2009).

Hyvin toimiva kuulojärjestelmä ja kuulohahmotus ovat perusedellytyksiä puheen ja kielen oppimiselle. Kuulohahmotus kehittyy varhain ja sikiö pystyy erottelemaan kuulemiaan ääniärsykeitä toisistaan. Vastasyntynyt puolestaan pystyy oppimaan kielen tasoisia elementtejä, vaikka niillä ei olekaan hänelle kielellistä merkitystä. Vuoden ikään mennessä lapsi erottelee paremmin oman äidinkielenään äänteitä kuin sellaisten kielten äänteitä, joita hän ei kuule puhuttavan ympärillään (Jansson-Verkasalo et al. 2010). Kehityksen ja harjaantumisen myötä lapsi oppii normaalisti ensimmäisen ikävuotensa kuluessa ymmärtämään sanoja ja puhetta sekä käyttämään kuulemiaan äänteitä jokittelussaan ja ensimmäisissä sanoissaan. Vaikka useimmat lapset oppivat kielen helposti, joillakin lapsilla on suuria ongelmia puheen ja kielen oppimisessa tai sen käytössä. Hyvin pienipainoisina keskosina syntyneet lapset kuuluvat kielen kehityksen häiriöiden riskiryhmään (Jansson-Verkasalo ja Valkama 2005), vaikka suvussa tai lapsella itsellään ei olisi esiintynyt selkeästi havaittavaa vammaa, kuten esimerkiksi CP-vammaa.

Kielen kehityksessä on todettu jatkuvuutta jo varhaisessa iässä. Esimerkiksi laajan sanaston 14 kuukauden iässä on havaittu ennakoivan keskimääräistä suurempaa sanastoa kahden vuoden iässä. Aikaisin puhumaan alkaneet lapset tuottavat myös taivutuksiltaan ja lauserakenteeltaan muita monipuolisempia ilmaisuja kahden vuoden iässä. Näin varhainen sanasto lisää lasten mahdollisuuksia hahmottaa kielellistä vuorovaikutusta ja osallistua siihen (Lyytinen et al. 1996, 1997; Lyytinen 1999; Bates et al. 1988; Kalliolahti 1998; Thal et al. 1997).

Lapsi ymmärtää sanoja ja kieltä, ennen kuin hän kykenee tuottamaan niitä. Kielen ymmärtämistä esiintyy jo ensimmäisen ikävuoden loppupuolella, minkä jälkeen lapsi alkaa tuottaa kommunikatiivisia eleitä ja lopulta kieltä. Ensimmäisten sanojen ymmärtämisen ja tuottamisen välillä on yleensä viive (Fenson et al. 1994). Lapset ymmärtävät toisen ikävuoden alussa sanoja huomattavasti enemmän kuin pystyvät tuottamaan. Niemisen tutkimuksessa (Nieminen et al. 1991) havaittiin, että lapset ymmärsivät ensimmäiset sanansa yhdeksän kuukauden iässä. Vuoden ikäisenä ymmärrettyjä sanoja oli noin 20 ja 1½-vuotiaana keskimäärin 200 sanaa. Tuottavan sanaston nopea kasvukausi aktivoituu noin 18–24 kuukauden iässä. Kuczajin (1999) mukaan 2-vuotiaan lapsen sanasto vaihtelee 50–600 sanan välillä ja lisääntyy tämän jälkeen noin 10 sanan päivävauhdilla. Lasten varhaisessa sanastossa esiintyy eri kielten välillä huomattavaa yhdenmukaisuutta (Dromi et al. 1999). Puheen tuottamisen viiveestä havaitaan merkkejä noin 10–15 prosentilla 2-vuotiaista lapsista (Laakso et al. 2010). Yli puolet niistä lapsista, joiden tuottava kieli tulee viiveellä, kehittyvät kuitenkin

normaalisti (Wetherby ja Prizant 2002). On tärkeää huomioida, että esikielellisten taitojen kehitys etenee epälineaarisesti, ja sen vuoksi tarvitaan pitkittäisseurantaa (Darrah et al. 2003). Vaikeudet myöhemmissä kielitaidoissa ovat suurempia silloin, kun lapsella on ongelmia tuottamisen ohella kielen ymmärtämisessä (Bishop ja Edmundson 1987; Law et al. 2000).

Tunnettu haitallinen yhteys lapsen kielelliseen kehitykseen on perheessä muilla perheenjäsenillä esiintyvillä kommunikaation häiriöillä, lapsen korvien, nenän tai nielun epämuodostumilla, synnytyksen aikaisella hapenpuutteella tai alhaisella APGAR-pistemäärällä, raskausaikaisilla ototoksisilla tai teratogeenisillä lääkkeillä, äidin raskaudenaikaisilla infektiosairauksilla tai pre-eklampsialla, neonataalivaiheen tehohoidolla tai lapsen pitkittyneellä sairaalahoidolla, kasvun viivästymällä (ennenaikaisella tai pienipainoisella täysaikaisella), synnytyksen aikaisilla stressitekijöillä, sekä toistuvilla välikorvatulehduksilla (Haapala et al. 2015), jotka ovat alkaneet ennen kahden vuoden ikää ja joita on hoidettu kirurgisesti, ja/tai joista on seurannut kuulonalenemaa.

Melu vaikuttaa todennäköisesti sikiön sisäkorvaan samalla, kun sikiön kuulojärjestelmä on kehittymässä. Kehittyminen vaatii puhestimulaatiota. Jos sikiö aistii tätä puhesimulaatiota vääristyneenä, kuulojärjestelmä kehittyy virheellisesti ja kielen peruselementtejä saattaa olla vaikea havaita (esimerkkeinä h- ja s-äänteet). Siten vastasyntyneen kielentaidot, tunneilmaisut ja ns. prosodiikka eli puheen sävelkulku kärsivät. Rotilla raskauden aikainen melu heikentää sikiön aivojen ja auditorisen järjestelmän kehittymistä (Kim et al. 2006). Kuulojärjestelmän on todettu hiiritutkimuksissa kehittyvän paremmin, jos sikiö altistuu ns. luontoäänille ja järjestelmän kehitys häiriintyy sikiön altistuessa muille äänille (Chikahisa et al. 2006, 2007).

Sikiöaikaisen melualtistumisen vaikutuksista sikiön kuulon prosessoinnin ja kielen kehitykseen tiedetään toistaiseksi vähän. Aiemmin on kuitenkin osoitettu, että melu muuttaa kuullun prosessointia keskushermostossa aikuisilla (Kujala et al. 2009). Kotimainen tutkimus on osoittanut, että lyhytaikainen altistuminen melulle kaksivuotiailla terveillä lapsilla vaikuttaa keskushermostolliseen kuullun prosessointiin verrattuna hiljaisuuteen (Niemi-talo-Haapola et al. 2012).

1.6 Nykyinen lainsäädäntö Suomessa ja eräissä muissa maissa

Euroopan unionin komissio on antanut vuonna 2000 tiedotteen siitä, mitä altistuksia se pitää riskeinä odottaville ja imettäville äideille (European Union 2000). Sen mukaan melu voi vaikuttaa myöhempään kuuloon ja pientaajuinen melu on erityisen vaarallista. Tämän perustella Työterveyslaitos on määritellyt, että odottavan äidin päiväaltistus melulle ei saisi ylittää 85 dB(A) (Työterveyslaitos 2016).



Euroopan Unioni on antanut helmikuussa 2003 melua koskevan erityisdirektiivin 2003/10/EU. Sen soveltamista koskevat tärkeimmät säädökset ovat Valtioneuvoston asetus työntekijöiden suojelemisesta melusta aiheutuvilta vaaroilta (nro 85/2006) sekä Valtioneuvoston asetus terveystarkastuksista erityistä sairastumisen vaaraa aiheuttavissa töissä annetun valtioneuvoston asetuksen muuttamisesta (nro 831/2005). Meluasetus 85/2006 tuli voimaan 15.02.2006, paitsi musiikki- ja viihdealalla tasan vuotta myöhemmin. Musiikki- ja viihdealalle on laadittu asetuksen 85/2006 mukaiset käytäntösäännöt, jotka huomioivat alan erityispiirteet (Musiikki- ja viihdealan meluntorjuntaohje 19.10.2006).

Uudessa meludirektiivissä päivittäisen melualtistumisen rajaksi määriteltiin 87dB(A)Lex8h kuulosuojainten alta. Raskaana olevien työturvallisuutta koskevaan EU-direktiiviin (92/85/ETY) liittyvät Euroopan Komission Yleisohjeet, joissa työnantaja veloitetaan varmistamaan, etteivät raskaana olevat altistu kansalliset altistumisrajat ylittävälle melulle. Työterveyslaitoksen opaskirjan "Ohjeet vaaran arvioimisesta erityisäitiysvapaan tarvetta harkittaessa" mukaan raskaana olevien ei pidä altistua melulle, jonka taso ylittää 85dB:n rajan (Taskinen et al. 2006). Melu ei kuitenkaan kuulu Suomessa erityisäitiysraha- ja erityisäitiysvapaaperusteisiin, joista säädetään sairausvakuutuslaissa (1224/2004) ja siihen liittyvässä Valtioneuvoston asetuksessa (1335/2004) ja työsopimuslaissa (55/2001).

Saksassa (kuuluu Euroopan Unioniin) §4 Abs. 1 Mutterschutzgesetz (MuSchG) ja Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutz-Verordnung (LärmVibrationsArbSchV) kieltää raskaana olevien työskentelyn työpisteissä, jotka on merkitty melutyöpaikoiksi. Haitalliseksi meluksi katsotaan päiväaltistuminen >80 dB(A) tai melu, jossa on odottamattomia impulssiipikejä >40 dB(A) 0.5 sekunnissa tai 135 dB(A) ylittävää impulssimaista melua. Ammattimuusikoilla hyväksytään melun ennustettavuuden sekä sen ominaisuuksien vuoksi päiväaltistumisrajaksi 85 dB(A). Musiikkimelu ei saa ylittää 90 dB(A):n huippuarvoja eikä impulsseja, jotka osoittavat yli 40 dB(A) nousua 0.5 sekunnissa. Yli 4000 Hz taajuuudet tulisi minimoida.

Sveitsissä (ei kuulu Euroopan Unioniin) eivät Mutterschutzverordnung SR 822.111.52/AS 2001/935:n mukaan raskaana olevat saa työskennellä >85 dBLeq8h melussa. Sekä ruotsalaisen että tanskalaisen raskautta ja työoloja koskevan ohjeistuksen mukaan yli 85 dB(A) melulle altistuminen voi olla haitallista sikiölle.

Ruotsalainen ohjeistus suosittaa sellaisten työolojen välttämistä erityisesti raskauden jälkimmäisellä puoliskolla, joissa vaaditaan kuulosuojainten käyttöä (AFS 2007:05).

Tanskalaisen ohjeistuksen mukaan raskaana olevan ei tulisi altistua voimakkaalle melulle, joka sisältää matalataajuisen osan (alle 200–300 Hz), sillä tämän tyyppinen melu saattaa vahingoittaa raskauden toisella puoliskolla kehittyvää kuuloa (At-vejledning A.1.8, 2009).

2 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET, TULOSTEN HYÖTY JA SOVELLETTAVUUS

Tutkimuksen tavoitteena oli tutkia sikiöaikaisen työmelulle altistumisen mahdollisia vaikutuksia lapsen kielelliseen kehitykseen. Tieto siitä, miten melulle altistuneen äidin lapsen kieli kehittyy, auttaa arvioimaan raskaudenaikaisen melun merkitystä. Tavoitteena on tuottaa tietoa, jonka avulla voidaan tarvittaessa tarkentaa työmelua koskevia suosituksia raskaana olevilla.

Tutkimuksessa selvitettiin teollisuusmelun, hammashoitoalan melun, päiväkotimelun sekä musiikin aiheuttaman melun vaikutusta kielelliseen kehitykseen. Erityisen kiinnostavaa oli selvittää, onko teollisen melun ja ihmisäänen aiheuttaman melun vaikutuksissa eroa. Myös impulssimelun vaikutuksia kielelliseen kehitykseen tutkittiin.

Selvitimme melun ja äänen etenemistä kokeellisessa asetelmassa kuvitteelliseen kohtuun ja lapsivedessä. Tutkimme myös melumittauksin melutasojen mahdollisia eroja korvan ja vatsan korkeudella raskaana olevan melualtistumisen arvioinnin pohjaksi.

2.1 Tutkimuskysymykset

1. Onko työmelulla vaikutusta lapsen kielelliseen kehitykseen yhden ja kahden vuoden iässä?
2. Onko teollisuusmelun, hammashoitelamelun, päiväkotimelun (ihmisäänet) ja musiikin aiheuttaman melun vaikutuksissa lapsen kielelliseen kehitykseen eroja?
3. Onko melumittauskojeen sijainnilla (korvan lähellä, vatsan alueella, vaatteiden päällä vs. vaatteiden alla) merkitystä melulle altistumisen arviointiin?

2.2 Tulosten hyöty ja sovellettavuus

Tutkimuksen tuloksia voidaan hyödyntää raskaana olevien työntekijöiden työsuojelua koskevan lainsäädännön sovelluksissa ja työterveyshuolloille annetuissa suosituksissa. Uudessa direktiivissä päivittäisen melualtistuksen rajaksi määriteltiin 87dB(A)Lex8h kuulosuojainten alta aikaisemman 85dB sijaan. Rajat on sovittu työntekijän kuuloa suojaamaan, eikä rajaa ole määritelty raskaana olevan työntekijän sikiön altistumista ajatellen. Tällä tutkimuksella etsittiin vastauksia kysymykseen, mikä on sikiöaikana turvallinen meluraja syntyvälle lapselle.

3 LAPSEN KIELELLINEN KEHITYS JA RASKAUDEN-AIKAINEN MELU

3.1 Materiaali ja menetelmät

3.1.1 Aineisto

Tutkimuksen perusaineiston muodostivat melulle altistavilla ja altistamattomilla aloilla työskentelevät naiset. Tutkittavien äitien aineisto kerättiin ammattiliittojen kautta aloilta, joilla on melua ja joilla ei odotettu olevan meluallistumista. Tutkimus kohdistettiin erityisesti seuraaville aloille, joilla melutaso on mittausten perusteella todettu kohonneeksi:

1. Lastentarhanopettajat (päiväkotien melu)
2. Elintarvikealan työntekijät (teollisuusmelu)
3. Muusikot (kovaääninen musiikki)
4. Hammashoitajat (hammashoitolan korkeataajuinen melu).

Melulle altistuneita verrattiin altistumattomaan ammattiryhmään, joita edustivat farmaseutit ja kunkin ammattialan melulle altistumattomat naiset.

Tutkimusta varten pyydettiin lastentarhanopettajien (Lastentarhanopettajaliitto LTOL), elintarviketeollisuuden (Suomen Elintarviketyöläisten Liitto SEL), muusikoiden (Suomen Muusikkojen Liitto), hammashoitajien (Suun terveydenhoidon ammattiliitto STAL) ja farmaseuttien (Suomen Farmasialiitto SFL) ammattiliitoilta tiedot heidän hedelmällisessä iässä (18–45 –vuotiaat) olevista naisjäsenistään (henkilötunnus ja ammattiliiton liittymis- ja eropäivämäärä). Näitä naisia oli 17 151. Väestörekisterikeskuksesta (VRK) pyydettiin tiedot naisille syntyneiden lasten henkilötunnuksesta, sukupuolesta, äidinkielestä ja syntymäkotikunnasta. Lisäksi pyydettiin naisten osoitetiedot kyselyjen lähettämistä varten. Aineisto rajattiin suomenkielisiin äiteihin, joiden lapsi oli tiedonkeruun hetkellä alle 11 kuukauden ikäinen eikä ollut kaksonen. Näitä äiti – lapsi –pareja oli 855.

3.1.2 Kielen kehityksen mittarit

Molemmat arviointimenetelmät (Esikko ja MCDI) on kehitetty mittareiksi, joissa vanhemmat täyttävät kyselylomakkeen, jonka perusteella voidaan arvioida lapsen kielellistä kehitystä. Kyselyissä käytettiin paperilomakkeita sekä Digium-verkkokyselyä äidin toiveen mukaisesti.

Esikko-kysely perustuu Yhdysvalloissa vuonna 2002 julkaistuun (Wetherby ja Prizant) lapsen varhaisen kommunikaation ja kielen tutkimusmenetelmään Communication and Symbolic Behavior Scales, Developmental profile (CSBS DP). CSBS DP koostuu kolmesta erillisestä arviointimenetelmästä, joista ensimmäisellä voidaan tehdä lyhyt lapsen kommunikaation ja kielen ensikartoitus (Infant Toddler Checklist eli ITC). ITC:n suomenkielinen versio eli *Esikko-kysely* perustuu Jyväskylän yliopiston tutkimusaineistoon, jota kerättiin vuosina 1993 – 1997 (Laakso et al. 2010). *Esikko-kysely* kohdistuu seuraaviin esikielellisen kommunikaation piirteisiin:

- 1) tunneilmaisu ja katse
- 2) kommunikaatio
- 3) eleet
- 4) ääntely ja sanat
- 5) kielen ymmärtäminen
- 6) esineiden käyttö

Esikko-kyselyssä sosiaalisen kommunikaation mitat toimivat parhaiten myöhemmän kehityksen ennustajina ikävälillä 12–18 kuukautta, puheen ja ymmärtämisen osa-alueilla enusarvo pääsääntöisesti kasvoi iän myötä. Esikielellisillä taidoilla pystyttiin selittämään 2-vuotiaana 74 % MCDI:n tuloksista; paras selittäjä oli puheen tuottaminen 12–24 kuukauden iässä. Lähes 80 % lapsista, joilla oli kielellisiä vaikeuksia 5-vuotiaana Laakson aineistossa, voitiin tunnistaa jo ennen toista ikävuotta (Laakso et al. 2010).

MCDI-kyselyllä kartoitetaan varhaisen kommunikaation ja sanaston kehitystä sekä taivutusmuotojen hallintaa ja ilmaisujen pituutta ikävälillä 8–30 kuukautta. Lomakkeissa on valmiita sanalistoja, joista vanhempia pyydetään merkitsemään ne sanat, jotka heidän lapsensa ymmärtävät ja tuottavat. Menetelmää on kehitelty useamman vuosikymmenen ajan Yhdysvalloissa, ja sille on julkaistu englanninkieliset normit (Fenson et al. 1994). Lomakkeessa on kaksi osaa, joista ensimmäisessä (sanojen tuottaminen) kartoitetaan niiden sanojen määrää, joiden merkityksen lapsi ymmärtää ja joita hän myös itse tuottaa (osio IA) sekä yleisemmällä tasolla sanojen käyttöä, ts. missä määrin lapsi puhuu menneistä, tulevista, poissaolevista tapahtumista tai henkilöistä (osio IB). Toisessa osassa (taivutusmuodot ja lauseet) arvioidaan monikon tunnuksen ja sijapäätteiden (osio IIA), sekä verbimuotojen sekä sanayhdistelmien (osio IIB) käyttöä. Taivutusmuodot kuvataan esimerkein ja pyydetään vanhempia merkitsemään lomakkeelle niitä muotoja, joita heidän lapsensa käyttävät. Ilmaisujen keskipituuden selvittämiseksi vanhempia pyydetään merkitsemään kolme pisin ilmaisu, joita he ovat kuulleet lapsensa käyttävän. Ilmaisuista lasketaan morfeemien määrä, jota voidaan verrata ikätason keskimääriin arvoihin (Lyytinen 1999).

Kyselyssä osiosta IA "sanavarasto" voi saavuttaa 595 pistettä tai enemmänkin, jos listatuista sanoista lapsi hallitsee kaikki ja äiti (tai isä) on merkinnyt muitakin sanoja, joita lapsi hallitsee. Osiosta IB "sanojen käyttö" voi saada yhteensä 10 pistettä. Osiosta IIA "monikon tunnus ja sijapääätteet" ja IIB "verbimuodot" voi saada yhteispistemäärän 16.

Tutkimusten perusteella MCDI on suomen kieleen sovitettuna luotettava ja helppokäyttöinen menetelmä. Lyytinen et al. (1999) tarkastelivat MCDI-tuloksia taustamuuttujien kuten lapsen sukupuolen, sisarusarja-aseman sekä vanhempien koulutuksen suhteen, eivätkä havainneet näillä tekijöillä aineistossaan tilastollisesti merkitsevää yhteyttä lapsen kielelliseen kehitykseen. Tyttöjen keskimääräiset pistemäärät olivat korkeammat kuin poikien. Lyytisen tutkimusaineisto koostui yhteensä 95 täysiaikaisena syntyneestä, fyysisesti ja neurologisesti terveestä lapsesta, joiden vanhemmilla ei esiintynyt dysleksiaa.

3.1.3 Kyselyt

Tutkimuksessa tehtiin kolmessa eri vaiheessa kysely raskausaikana työssään melulle altistuneille naisille ja altistumattomille vertailuhenkilöille. Kun osallistujat rekrytoitiin jo tässä vaiheessa, voitiin välttää mahdollinen osallistumisharha. Se voisi syntyä, mikäli tutkimukseen osallistuisivat muita enemmän lapsensa kielellisen kehityksen häiriöitä epäilevät melulle altistuneet äidit.

Ensimmäinen kyselyvaihe eli rekrytointi

Ammattiliittojen jäsenille ensimmäinen työoloja ja muita taustatekijöitä koskeva kysely lähetettiin lapsen ollessa 1,5–11 kuukauden ikäinen. Tavoitteena oli saada altistumistiedot ennen lapsen puheen kehitystä koskevia tietoja. Ensimmäisessä kyselyssä kerättiin tietoja äidin työoloista, melualtistumisesta työssä ja vapaa-ajalla sekä stressistä, ja varmistettiin, että äidin äidinkieli oli suomi. Kullekin ammattiryhmälle laadittiin omat työoloja koskevat erilliset kysymykset. Kyselylomake lähetettiin saatekirjeen kera postitse 855 äidille, joista 579 palautti kyselylomakkeen ja halusi olla mukana tutkimuksessa. Kysely lähetettiin vielä kaksi kertaa, ellei äiti ollut vastannut aiemmin lähetettyihin. Tutkimuksessa rajoituttiin suomenkielisiin äiteihin, koska käytetyt kielellisen kehityksen arviointimenetelmät soveltuvat vain suomen kielen kehittyneisyyden arvioimiseen. Kysely postitettiin kaikille äideille maaliskuussa 2014.

Toinen kyselyvaihe

1-vuotiaat

Toisessa kyselyvaiheessa lasten äideille lähetettiin 1-vuotiaiden (ikä 1 vuosi \pm 1 viikko) "Esikko" -lomake "Lapsen esikielellinen kommunikaation ja kielen ensikartoitus" (Laakso, Eklund, Poikkeus) kaksi viikkoa ennen lapsen 1-vuotissyntymäpäivää ja pyydettiin täyttämään kysely vastaten tilannetta lapsen 1-vuotispäivänä tai korkeintaan 1 viikko sitä ennen tai sen jälkeen. Esikko –kyselyn lisäksi kysyttiin täydentäviä tietoja esimerkiksi raskausajasta,

lapsen terveydestä ja korvatulehduksista, äidin terveydestä ja elintavoista, äidin ja lapsen vuorovaikutuksesta, perheenjäsenten puheen ja/tai kielellisen kehityksen viivästyttämisestä tai poikkeavuuksista ja stressistä erillisellä lomakkeella. Samalla tiedusteltiin myös mahdollista altistumista ototoksisille aineille (esimerkiksi eräät lääkkeet, liuottimet, metallit ja muut kemikaalit). Kyselylomakkeet postitettiin tai lähetettiin sähköisenä (Digium) tarvittaessa kolme kertaa. Molemmat kyselylomakkeet palauttivat 412 äiti – lapsi –paria. Kaksi lasta, joiden syntymäpaino oli <1500 g ja kaksi lasta, joiden äidin äidinkieli ei ollut suomi, poistettiin tutkimusjoukosta, siten lopullinen tutkimusjoukko 1-vuotiaita koskevassa aineistossa oli 408 äiti – lapsi –paria. Kyselylomakkeet lähetettiin maaliskuussa 2014 – maaliskuussa 2015.

Kolmas kyselyvaihe

2-vuotiaat

Kolmannessa kyselyvaiheessa 2-vuotiaiden lasten (ikä 2 vuotta ± 2 viikkoa) äideille lähetettiin varhaisen kommunikaation ja kielen kehityksen arviointimenetelmän (MacArthur Communicative Development Inventories, MCDI) 2-vuotiaille tarkoitettu osio "Lapsen kommunikaation kehitys: Sanat, taivutukset ja lauseet (16–30 kk)" –kyselylomake, joka on standardoitu suomen kielelle. MCDI-kyselyn lisäksi kysyttiin täydentäviä tietoja esimerkiksi lapsen ja äidin terveydestä, lapsen kuulosta ja korvatulehduksista, äidin ja lapsen vuorovaikutuksesta 1-vuotiskyselyn jälkeiseltä ajalta erillisellä lomakkeella. Kysely lähetettiin äideille, joiden lapset olivat osallistuneet 1-vuotiaina tutkimukseen, sekä tämän lisäksi myös äideille, jotka eivät olleet palauttaneet kyselykaavakkeita lapsen ollessa 1-vuotias, mutta eivät olleet kieltäytyneet osallistumasta. Kysely postitettiin tai lähetettiin sähköisenä (Digium) tarvittaessa kolme kertaa. Molemmat kyselylomakkeet palautti 292 äitiä. Kaksi lasta, joiden syntymäpaino oli <1500 g ja kaksi lasta, joiden äidin äidinkieli ei ollut suomi, poistettiin tutkimusjoukosta, siten lopullinen tutkimusjoukko oli 288 äiti – lapsi –paria. Kyselylomakkeet lähetettiin maaliskuussa 2015 – maaliskuussa 2016.

3.1.4 Altistumisen arviointi

Altistumisen arvioinnissa käytettiin hyväksi kyselyvastauksia ammatista, työtehtävistä, työpisteestä, kuulonsuojainten käytöstä ja melusta (aiheuttaja, kesto, frekvenssi) ja mahdollisia melumittaustuloksia. Lisäksi hyödynnettiin vastaavissa työpaikoissa tehtyjä melumittauksia. Melualtistumiseen perehtynyt asiantuntija osallistui lomakekysymysten suunnitteluun ja arvioi tutkittavien altistumisen tietämättä lasten kielellisen kehityksen mittaustuloksia. Jokaisen äidin työaikainen melualtistuminen arvioitiin yksilöllisesti (Taulukko 1). Myös iskumelulle altistuminen sekä raskaudenaikainen vapaa-ajan melualtistuminen arvioitiin. Melualtistuminen jaettiin neljään luokkaan:

1. Altistumattomat: ympäristön melu koostuu enimmäkseen puheesta. Meluton ympäristö – ympäristön äänet ovat enimmäkseen puhetta tai tavanomaisten toimistolaitteiden aiheuttamia tai kodin ääniä.
2. Vähän altistuneet: vähämeluisassa ympäristössä on säännöllisesti melua, joka kiinnittää huomion ja voi jossakin määrin vaikeuttaa puheen kuulemista. Äänet voivat olla esimerkiksi suuren ihmismäärän aiheuttamaa hälyä tai äänekästä puhetta. Satunnaisesti voi esiintyä myös hyvin voimakkaita ääniä. Meluisia töitä tai yleismelua on sen verran, että työpaikan melutilanne on mahdollisesti selvitetty mittauksin. Melun päivätason keskiäänitaso on 70–80 dB välillä. Melu ei aiheuta kuulovaurion vaaraa.
3. Kohtalaisesti altistuneet: meluisa ympäristö – melua ja voimakkaita ääniä, jotka vaikeuttavat, mutta eivät estä, keskustelua on yli kaksi tuntia päivässä. Hyvin voimakasta melua voi olla silloin tällöin, mutta edellistä vähemmän. Melun päivittäinen keskiäänitaso ylittää 80 dB. Suuri osa ihmisistä pitää kuulonsuojainten käyttöä tarpeellisena ainakin meluisimpien työvaiheiden aikana.
4. Merkittävästi altistuneet: erittäin meluisa ympäristö – ääni-/melutaso on niin voimakas, että keskusteleminen on vaikeaa tai estynyt suuren osan ajasta. Työssä tulee käyttää kuulonsuojaimia ja melu aiheuttaa kuulovaurion vaaran. Musikoiden työympäristö kuuluu äänitason perusteella tähän luokkaan, vaikka kyse ei olekaan melusta samassa mielessä kuin teollisuustyöpaikalla.

Arvioinneissa oli kyse keskiäänitasosta, ei häiritsevyydestä. Myös hiljainen ääni voi olla häiritsevää, toisaalta voimakkaita ääniä, esimerkiksi musiikkiääniä ei aina koeta häiritseviksi.

Taulukko 1. Melulle altistuneiden jakautuminen prosenteissa ammattiryhmien ja melutason mukaan rekrytointiin vastanneiden äitien joukossa.

ammattiryhmä	melulle altistuminen (%)			
	ei altistuneet (<70 dB)	vähän altistuneet (70–80 dB)	kohtalaisesti altistuneet (>80 ja <85 dB)	merkittävästi altistuneet (≥85 dB)
lastentarhaopettajat	27	47	26	0
muusikot	10	10	24	55
elintarviketöntekijät	33	18	23	26
hammashoitajat	35	36	29	0
farmaseutit	87	13	0	0

3.1.5 Aineiston analysointi

Tutkimuksessa verrattiin raskaudenaikaiselle melulle altistuneiden ja altistumattomien äitien lasten kielellistä kehitystä yhden ja kahden vuoden ikäisillä lapsilla. Lisäksi verrattiin altistuneiden ja altistumattomien äitien lasten kielellistä kehitystä kussakin eri ammattiryhmässä.

Esikko-kysely sisältää yhteensä 24 kysymystä kolmelta esikielellisen kommunikaation osa-alueelta:

- 1) sosiaalinen kommunikaatio
- 2) puheen tuottaminen
- 3) puheen ymmärtäminen.

Osa-alueista voi saada 26, 14 tai 17 pistettä koko kyselyn maksimipistemäärän ollessa 57 pistettä. Kyselyssä on määritelty ikäkohtainen huoliraja, huolirajan ollessa yhteispistemäärässä 15 pistettä 12 kuukauden iässä.

MCDI- eli Varhaisen kommunikaation ja kielen kehityksen arviointilomakkeesta saadaan pisteet viideltä seuraavalta osa-alueelta:

- 1) IA sanavarasto (maksimipistemäärä 595 + sanat, jotka eivät ole listalla)
- 2) IB sanojen käyttö (maksimipistemäärä 10)
- 3) IIA monikon tunnus ja sijapääätteet (maksimipistemäärä 9)
- 4) IIB verbimuodot (maksimipistemäärä 7)
- 5) IIC sanayhdistelmät, jossa arvioidaan lapsen tuottamien ilmausten pituutta (vaihtelu 0 – 10).

Melulle altistuneiden äitien lasten kyselyissä saamien pisteiden keskilukuja (keskiarvo, mediaani) ja hajontaa verrattiin altistumattoman ryhmän tunnuslukuihin. Mikäli väestön normiaineistot olivat jakautuneet normaalisti, testattiin ryhmien välinen ero t-testillä ja muutoin ei-parametrisella testillä. Ryhmien välinen ero analysoitiin myös soveltuvalla tilastollisella mallilla (esimerkiksi lineaarinen regressio). Monimuuttujamallissa kontrolloitiin muiden selittävien tekijöiden mahdollinen sekoittava vaikutus. Lisäksi saatuja tuloksia verrattiin testien normiaineistoihin. Analyysissä käytettiin SAS 9.4 ja IBM SPSS Statistics 23 –ohjelmia.

3.2 Tulokset

1-vuotiaiden aineistossa äideistä 44 % ei ollut altistunut työmelulle, 26 % oli altistunut vähäiselle melulle (70–80 dB), 19 % oli altistunut kohtalaiselle melulle (>80 dB, mutta <85 dB) ja 11 % äideistä oli altistunut voimakkaalle melulle (≥ 85 dB). Kohtalaiselle/voimakkaalle melulle altistuneet äidit olivat vähemmän koulutettuja kuin altistumattomat. Eniten altistuneet äidit olivat tupakoineet raskauden aikana yleisemmin kuin muut äidit. Näillä äideillä oli myös enemmän tyttölapsia (66 %) kuin poikia (34 %), muissa altistumisryhmissä sukupuolijakauma oli tasainen. Altistumattomien ja vain vähän altistuneiden ryhmissä lapsilla oli enemmän sisaruksia kuin kohtalaiselle/voimakkaalle melulle altistuneiden äitien lapsilla.

1-vuoden iässä työmelulle altistumisella ei ollut selkeää yhteyttä lasten kielelliseen kehitykseen millään Esikko-kyselyn eri osa-alueella (sosiaalinen kommunikaatio, puheen tuottaminen ja puheen ymmärtäminen).

1-vuotiaiden aineistossa suurin osa lapsista (92 %) oli kotihoidossa. Tytöt saivat selkeästi korkeammat keskimääräiset Esikko-kokonaispisteet kielellisen kehityksen arvioinnissa (35.8 vs. 33.3, skaala 0–57). Pojilla lapselle lukeminen, puhuminen ja laulaminen olivat yhteydessä korkeampiin Esikko-pisteisiin, samoin kuin äidin ikä lapsen syntyessä (<35 vuotta) ja äidin työssäkäynti raskauden aikana, tytöillä vain lapselle lukeminen. Altistumattomat äidit puhuivat lastensa kanssa vähemmän päivittäin kuin muiden ryhmien äidit. Kohtalaisesti/merkittävästi altistuneet äidit lauloivat lapsilleen useammin kuin muiden ryhmien äidit. Vain muusikot ja elintarviketyöntekijät olivat altistuneet merkittäväälle työmelulle (≥ 85 dB). Hammashoitajat ja lastentarhaopettajat olivat altistuneet korkeintaan <85 dB melulle.

Melualtistuminen oli lastentarhaopettajilla yhteydessä lapsen alhaisempiin kielellisen kehityksen pisteisiin, erityisesti puheen ymmärtämisen osion pisteisiin. Samanlaista yhteyttä ei havaittu elintarviketyöläisten eikä hammashoitajien lapsilla. Koska muusikoiden ryhmässä altistumattomien määrä oli pieni, ei pisteitä voitu analysoida erikseen eri melualtistumisryhmissä.

2-vuotiaita koskevassa aineistossamme työmelulle altistumisella ei ollut selkeää yhteyttä lasten kielelliseen kehitykseen MCDI-kyselyn osa-alueella IA sanavarasto. Tytöillä oli laajempi sanavarasto kuin pojilla ja siten merkitsevästi korkeammat pisteet kuin pojilla. Lastentarhanopettajien poikien pistekeskisarvo oli 231, tytöillä 311. Elintarviketyöläisten poikien pistekeskisarvo oli 177 pistettä, tytöillä 269. Farmaseuteilla pisteet jakautuivat 224/294, hammashoitajilla 239/369 ja muusikoilla 284/397. Alin saavutettu pistemäärä oli 0 (nolla). Huolirajana on suomalaisessa ja kansainvälisessä aineistossa pidetty 50 sanan eli pisteen rajaa.

Osiassa IB sanojen käyttö (maksimipistemäärä 10) altistumattomien ja vähän altistuneiden ryhmissä tyttöjen pistemäärät olivat poikia korkeammat, paitsi kohtalaisesti/merkittävästi

altistuneiden ryhmässä tyttöjen pistemäärä oli poikia merkitsevästi alhaisempi. Lastentarhaopettajien poikien pistekeskisarvo oli 7.8, tytöillä 8.5. Elintarviketyöläisillä pojat saivat 7.2 pistettä, tytöt 7.0. Farmaseuteilla pisteet jakautuivat 7.2/8.4, hammashoitajilla 7.0/7.7 ja muusikoilla 7.2/8.6. Tyttöjen pistemäärät olivat selkeästi korkeammat kuin poikien lukuun ottamatta elintarviketyöläisten lapsiryhmää, jossa yllättäen tytöt saivat hieman poikia vähemmän pisteitä.

Osiossa IIA+B [IIA monikon tunnus ja sijapäätteet (maksimipistemäärä 9) ja IIB verbimuodot (maksimipistemäärä 7)] tyttöjen pistemäärät olivat poikia korkeammat, paitsi kohtalaisesti/merkittävästi altistuneiden ryhmässä tyttöjen pistemäärä oli poikia merkitsevästi alhaisempi. Lastentarhaopettajien poikien pistekeskisarvo oli 7.5, tytöillä 10.5. Elintarviketyöläisten poikien pistemäärä oli 5.8 pistettä, tytöillä 8.3. Farmaseuteilla pisteet jakautuivat 7.4/10.3, hammashoitajilla 8.3/11.3 ja muusikoilla 8.2/12.0. Tyttöjen pistemäärät olivat tässä osiossa selkeästi korkeammat kuin pojilla. Elintarviketyöläisten tytöillä pistekeskisarvo (8,3) oli tilastollisesti merkitsevästi pienempi kuin farmaseuttien tytöillä (10.3, $p=0.043$).

2-vuotiaiden aineistossa 44% (N=127) äideistä ei altistunut melulle raskauden aikana, vähän melulle altistuneiden äitien osuus oli 30% (N=85) ja kohtuulliselle/voimakkaalle melulle altistuneiden osuus 26% (N=76 äiti – lapsi –paria). Lapsista 100:lla ei ollut sisarus, nuorempi sisarus oli 54:llä, vanhempi sisarus (yksi tai useampia) 134:llä. Enintään kolme korvatulehdusta oli ollut 250:llä, neljä tai enemmän 38 lapsella, pahimmillaan korvatulehduksia oli yhdellä lapsella ollut 12 kappaletta. Lasten äideistä 252 oli ollut töissä raskauden aikana, 36 ei. Äideistä synnytyksen hetkellä 239 oli ollut iältään 20–35 vuotta, 36-vuotiaita tai vanhempia oli äideistä ollut 49. Vanhimmat äidit olivat synnyttäessään 44-vuotiaita. Taustalla peruskoulu, lukio tai ammattikoulu oli äideistä 96:lla ja ammattikorkeakoulu- tai yliopistokoulutus oli 192:lla. Isien koulutus jakautui vastaavasti peruskouluun, lukioon tai ammattikouluun 159:llä ja näitä korkeampi koulutus oli 129:llä. Äideistä stressiä koki vähän tai ei lainkaan 182, jonkin verran tai paljon stressiä koki 106 äitiä lapsen ollessa 2-vuotias. Raskausaikaista stressiä kertoi kokeneensa 166 äitiä vähän tai ei lainkaan, jonkin verran tai paljon 122 (58 % vs. 42 %). Kun raskausaikana koettua stressiä kysyttiin 1-vuotiskyselyssä, oli jakauma suunnilleen samanlainen eli 293/115 (56 %/44 %).

2-vuoden iässä lapsen hoito kodin ulkopuolella ei vaikuttanut selkeästi lapsen kielelliseen kehitykseen. Korvatulehdusten määrä >3 liittyi pojilla merkitsevästi huonompaan osion IB ja osion IIA+B pistekeskisarvoon verrattuna niihin, joilla oli vähemmän korvatulehduksia. Korvatulehdusten määrä > 4 näytti vaikuttavan merkitsevästi elintarviketyöntekijöillä pisteitä huonontavasti osiossa IIA+B, farmaseuteilla osiossa IB ja muusikoilla osiossa IA. Äidin puhumisella lapselle ei ollut selvää yhteyttä lapsen kielelliseen kehitykseen. Äidin lukeminen lapselle sai aikaan positiivisen vaikutuksen. Myös äidin laulaminen lapselle oli lapsen kehitystä hyödyttävää kaikilla kielen kehityksen osa-alueilla. Molemmat lukeminen ja laulaminen jaettiin kyselylomakkeessa kolmeen ryhmään vastausvaihtoehtojen ”ainakin 15

minuuttia”, ”5–15 minuuttia” päivässä ja harvemmin perusteella. Musiikkileikkikoulussa käyminen nosti merkittävästi lasten pistemääriä, etenkin pojilla. Muuhun ohjattuun toimintaan, kuten jumppaan tai kerhoon, osallistuminen ei vaikuttanut lapsen kielelliseen kehitykseen yhtä voimakkaasti, lastentarhanopettajilla jopa käänteisesti.

Raskauden aikana työssä käyneiden äitien pojilla oli 2-vuoden iässä tilastollisesti merkittävästi suurempi kielen kehityksen pistekeskisarvo osiossa IA kuin työssä käymättömien äitien pojilla. Vastaava ero havaittiin tytöillä osioissa IB ja IIA+B. Muissakin osioissa trendi oli samansuuntainen, vaikkakaan ei tilastollisesti merkittävä.

2-vuoden iässä raskausajan melulle altistuminen ei vaikuttanut kielen kehityksen osa-alueiden pistekeskisarvoihin missään ammattiryhmässä ammattiryhmien välillä tilastollisesti merkittävästi.



4 KOKEELLISET MELU- JA TÄRINÄMITTAUKSET

4.1 Taustaa

Ääni voi siirtyä kohtuun kahdella eri mekanismilla:

1. Ääniaaltona, jolloin tuleva ääniaalto osuu kohteeseen. Osa siitä heijastuu pois ja osa jatkaa etenemistään uudessa väliaineessa. Äänen siirtyminen ilmasta ihmiseen noudattaa normaaleja aaltomekaniikan lakeja. Äänen nopeus ilmassa on noin 343 m/s (20°C) ja ihmisen kudoksessa samaa luokkaa kuin vedessä eli noin 1500 m/s. Kokonaisheijastuminen tapahtuu, kun kohtauskulma on suurempi kuin 12 astetta, eli äänen on tultava lähes kohtisuoraan kohti rajapintaa. Vain pieni osa äänestä, korkeintaan muutama prosentti, siirtyy kudokseen, ja loppu heijastuu pois rajapinnasta. Siirtyneen äänen aallonpituus lyhenee yhtälön

$$\lambda_i \cdot v_i = \lambda_k \cdot v_k$$

mukaan, missä alaindeksi k tarkoittaa kudosta, alaindeksi i ilmaa sekä λ aallonpituutta. Työpaikan melu on yleensä diffuusia ääntä, toisin sanoen se tulee joka suunnasta.

2. Vatsan alueen värinä. Kun värisevä esine painetaan kudosta vastaan, värinä siirtyy kudokseen. Odottavilla äideillä tällainen tilanne syntyy, kun nojataan värisevään pöytään, esimerkiksi ompelimossa tai painettaessa värisevä käsityökalu mahaa vastaan, jotta saadaan lisää painetta työkaluun. Kun ääni on päässyt kudokseen, se vaimenee lain

$$A(z) = A_0 e^{-\mu z}$$

mukaan, missä z on kuljettu etäisyys, μ on puoliintumismatka ja A_0 amplitudi rajapinnassa. Puoliintumismatka on kääntäen verrannollinen taajuuteen. Tämä merkitsee sitä, että käytännössä aalto ei vaimene etäisyyden funktiona kudoksessa, kun aallon taajuus on pienempi kuin 10 kHz.

4.2 Kohtu raskauden aikana

Kohdussa on sikiön ja istukan lisäksi noin 0,1–1000 ml lapsivettä riippuen raskausviikkojen määrästä. Sikiön etäisyys ihon pinnasta vaihtelee ja riippuu sikiön asennosta; pienimmillään se on noin 3 cm. Tämä ei kuitenkaan ole merkittävää, koska aallot vaimenevat vain vähän. Näyttää siltä, onko käytetyllä vaatetuksella merkitystä sikiön melualtistukselle tai voidaanko värinän kulkeutumista vatsan alueelle estää käyttämällä eristeitä, ei ole.

Tässä koeasetelmassa selvitettiin vaatetuksen vaikutusta äänen eristeinä, ja sitä, millaiset pehmusteet toimisivat mahdollisina värinäeristeinä.

4.3 Aineisto ja mittausmenetelmät

Kokeita tehtiin Työterveyslaitoksen akustisessa kammiossa. Kammiossa selvitettiin melu- ja värinämittauksilla, onko mittauskojeen sijainnilla (korvan lähellä, vatsan alueella, vaatteiden päällä vs. vaatteiden alla) merkitystä melulle altistumisen arviointiin. Mittauksia varten rakennettiin melu- ja värinälähteet, joista saatiin analysoitua ääntä ja värähtelyä taajuuskaistoittain ja pystyttiin määrittämään erilaisten äänten tulosuuntien, materiaalien tai eristeiden vaikutusta äänen ja värinän kulkeutumiseen simuloituun kohtuun ja lapsiveteen.

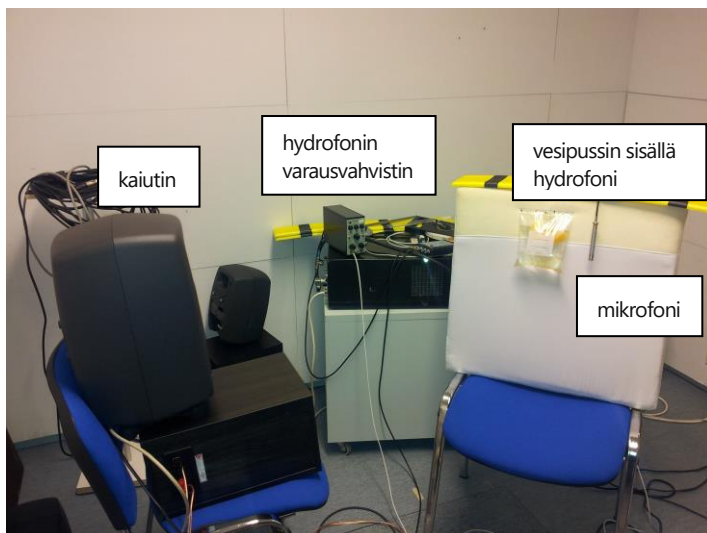
4.3.1 Äänimittaukset

Normaali raskaus kestää noin 40 viikkoa. Lapsiveden määrä lisääntyy raskauden edetessä ja vähenee synnytyksen lähestyessä (Taulukko 2). Lapsivesi on ihmisellä noin 99 % vettä ja sen lisäksi elektrolyyttejä, glukoosia, lipidejä sekä proteiineja. 24 raskausviikolle tultaessa sikiön korvat ovat kehittyneet, ja viikolla 25 tai 26 sikiön on todettu reagoivan erilaisiin ääniin. Tämän perusteella, ja saadaksemme riittävästi tilaa hydrofonille, valitsimme simulaatiokohtumme lapsivesimäärän vastaamaan raskausviikkojen 25–26 lapsivesimäärää, eli noin 500 ml. Kohduksi simuloitiin muovipussi, jonne laitettiin 500 ml tavallista hanavettä ja hydrofoni.

Pussi asetettiin muovipehmusteen päälle, joka simuloi loppuvartaloa (Kuva 1). Äänikenttä luotiin aktiivikaiuttimella (Genelec 8050), joka asetettiin 1,5 m päähän torsosimulaattorista. Äänilähteenä käytettiin nelikanavaista signaalianalysointia (Photon II). Siihen kytkettiin myös hydrofoni ja vertailumikrofoni, jolla mitattiin äänenvoimakkuus. Mittaukset tehtiin käyttämällä valkoista kohinaa (0–17980 Hz) FFT-analyysillä. Mittauspisteiden lukumäärä oli 2048 ja tulokset laskettiin 20 keskiarvon perusteella. Mittaukset suoritettiin siten, että ensin mitattiin vertailukohteeksi peittämätön simulaattori. Sen jälkeen se peitettiin mitattavilla vaatteilla. Testatut vaatteet olivat paita, paksu liivi ja lyijyliivi.

Taulukko 2. Arvioitu lapsivesimäärä raskauden eri aikoina.

raskausviikot	10	15–16	20	30–34	synnytyksen lähestyessä
arvioitu lapsivesimäärä (ml)	30	170	350	1000	800



Kuva 1. Mittausasetelma, jossa nähdään käytettyjä mittauslaitteita.

4.3.2 Tärinämittaukset

Tärinämittauksissa kohtusimulaattori asetettiin täristimen [Bruel&Kjaer (B&K) 4812] päälle ja sitä painettiin vakiopainolla täristintä vastaan. Täristintä ohjattiin vahvistimella (B&K 2707), joka kytkettiin signaalianalysaattorin signaaliulostuloon. Tärinän amplitudi pidettiin pienenä, jotta kohtusimulaattori pysyisi paikallaan. Tästä syystä signaalin amplitudit hydrofonissa olivat niin pieniä, että luotettavia tuloksia saatiin ns. sinipyyhkäisy-menetelmällä. Pyyhkäisyalue oli 0–1122 Hz. Tärinän taso mitattiin tärinäanturilla, joka oli kytketty varausvahvistimeen (B&K 2636). Mittauksissa havaittiin, että tärinä aiheutti myös kohtusimulaattorissa ylimääräisiä värähtelyjä, jotka johtuivat siitä, että rakenne oli varsin hento. Ne suodatettiin pois mediasuodattimella, joka oli toteutettu Scilab 6.0 -ohjelmistolla. Mitatut kohteet olivat huopa, kaksinkertainen suoja, viisinkertainen huopa, ohut muovi, paksu muovi sekä paksu muovi yhdessä viisinkertaisen huovan kanssa.

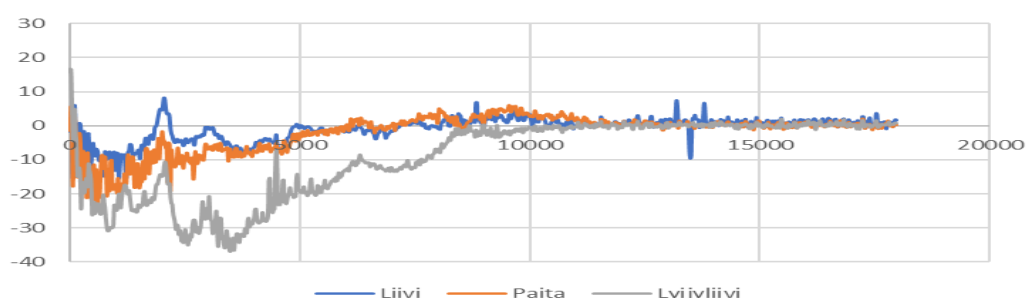
4.3.3 Analysointi

Mikrofonin, hydrofonin ja tärinäanturien kautta saatu data kerättiin digitointilaitteen kautta monikanavaisesti tietokoneelle, missä kalibroituja äänen ja värähtelyn arvoja päästiin analysoimaan.

4.4 Tulokset

4.4.1 Äänimittaukset

Kuvaan 2 on koottu äänimittausten tulokset. Alle 1000 Hz taajuuksilla paidalla ja liivillä vaimennus oli noin 10 dB ja lyijyliivillä 20–30 dB. Ainoastaan lyijyliivi suojasi sitä korkeammilla taajuuksilla. Noin 2000 Hz kohdalla havaitaan resonanssipiikki, joka on liivipuvulla kaikkein selvin. Tämän perusteella voidaan päätellä, että vaatetus vaimentaa jonkin verran sikiön altistumista, mutta se ei ole niin merkittävää, että se kannattaisi ottaa huomioon.

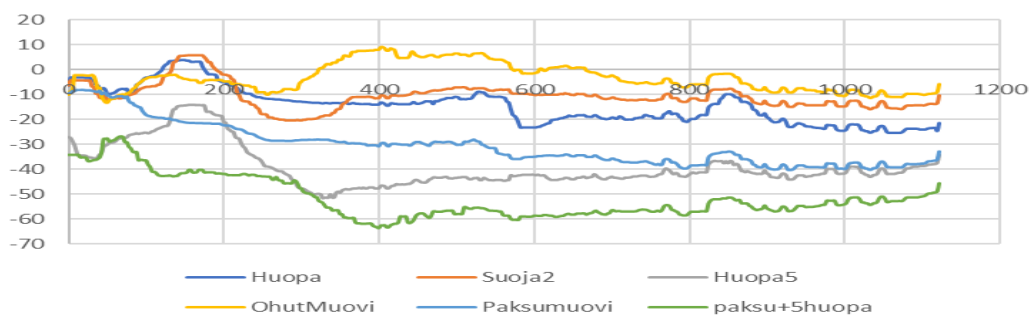


Kuva 2. Erilaisten pukimien vaikutus sikiömallin melualtistukseen.

4.4.2 Tärinämittaukset

Kuvassa 3 on esitetty eri eristemateriaalien vaikutus tärinän siirtymiseen simulaatiokohduttuun. Parhaan eristyksen antoivat paksu muovi ja viisinkertainen huopakerros, seuraavaksi parhaan antoi huopa. Ohut muovi ei eristänyt lainkaan. Suoja, huopa ja ohut muovi jopa vahvistivat tärinää tietyillä taajuuksilla. Ilmiö on tunnettu myös ns. tärinähansikkailla, ja se johtuu systeemin resonanssitaajuuksista. Asetelmassamme vahvistus tapahtui noin 150 Hz taajuudella, mutta ei se välttämättä tapahdu aina tällä taajuudella. Vahvistukseen vaikuttaa myös puristusvoima.

Tuloksista voidaan päätellä, että paksu, riittävän jäykkä eristys voi merkittävästi (30–40 dB) vähentää tärinän johtumista. Tarvittavat eristepaksuudet ovat kuitenkin sellaiset, että niitä ei voi laittaa vaatteisiin ilman, että käyttö ja työskentely hankaloituvat. Toisin sanoen tässä koeasetelmassa ei löydetty menetelmää, joka toimisi käsityökalujen kanssa. Sen sijaan paksuja eristeitä voidaan käyttää täriseissä pöydissä ja koneissa, jos se on mahdollista työergonomian kannalta.



Kuva 3. Eristämisen vaikutus tärinän siirtymiseen mallikohtuun.

5 POHDINTA

Työmelulle altistumisella raskauden aikana ei ollut selkeää yhteyttä 1-vuotiaiden lasten kielelliseen kehitykseen millään Esikko-kyselyn eri osa-alueella (sosiaalinen kommunikatio, puheen tuottaminen tai puheen ymmärtäminen). Aineistossamme vain muusikot ja elintarviketyöntekijät olivat altistuneet voimakkaalle työmelulle (≥ 85 dB). Hammashoitajat ja lastentarhaopettajat olivat altistuneet korkeintaan < 85 dB melulle. Melualtistuminen oli lastentarhanopettajilla yhteydessä lapsen alhaisempiin kielellisen kehityksen pisteisiin, erityisesti puheen ymmärtämisen osion pisteisiin. Samanlaista yhteyttä ei havaittu elintarviketyöläisten eikä hammashoitajien lapsilla. Muusikoiden lapsilla oli korkeat Esikko-kokonaispisteet, mutta koska muusikoiden ryhmässä altistumattomien määrä oli pieni, ei pisteitä voitu analysoida erikseen eri melualtistumisryhmissä.

2-vuoden iässä raskausajan melulle altistuminen ei vaikuttanut kielen kehityksen osa-alueiden pistekeskisarvoihin missään ammattiryhmässä ammattiryhmien välillä tilastollisesti merkitsevästi. Sanavarasto ennustaa hyvin tulevaa puheen kehitystä. Tyttöjen pisteet olivat tässä osiossa selkeästi korkeammat pisteet kuin pojat. Tulos on sopusoinnuissa muissa tutkimuksissa saatujen tulosten kanssa.

Tutkimuksen vahvuuksia olivat melualtistumistietojen keruu kuukausia ennen kielellisen kehityksen arviointia, altistumisen arviointi sokkoutettuna, validoitujen kielen kehityksen mittarien käyttö ja tunnettujen riskitekijöiden kontrollointi analyyseissä. Osallistumisaktiivisuus tutkimuksen eri vaiheissa oli melko hyvä. Muissa tutkimuksissa on todettu kuten omassa tutkimuksessamme, että tyttöjen kielellinen kehitys on varhaisessa vaiheessa poikien kehitystä edellä, ja että lapselle lukeminen ja laulaminen edistävät kielellistä kehitystä. Valikoituneen osallistumisen vaikutusta tuloksiin ei voitu täysin poissulkea. Voimakkaasti melulle altistuneiden (≥ 85 dB) äitien ryhmä oli suhteellisen pieni, minkä vuoksi heitä ei voitu analysoida erikseen.

Kokeellisen melu- ja värinätutkimuksen tulokset osoittivat, että vaatetus vaimentaa jonkin verran sikiön altistumista, mutta vaimennus ei ole merkittävä. Vain radiologien käyttämä lyijyesiliina pystyi pysäyttämään ääniaaltojen kulun. Värinän eteneminen kohtuun voidaan estää vain eristämällä tarisevat laitteet.

Nykyisten työsuojelusäännösten perusteella on määritelty, ettei raskaana olevan työntekijän päivittäinen melualtistuminen saisi ylittää 85 dB. Tutkimuksessamme sikiöaikainen melualtistuminen < 85 dB ei osoittautunut haitalliseksi syntyvän lapsen kielelliselle varhaiskehitykselle. Emme kuitenkaan voineet analysoida erikseen voimakkaasti altistuneita ryhmiä näiden pienen koon vuoksi. Tulokset eivät anna perustetta suositusten muuttamiseen eli 85 dB raja on syytä pitää jatkossakin käytännön ohjeena.



6 EETTISET JA TIETOSUOJANÄKÖKULMAT

Tutkimussuunnitelma käsiteliin toimivaltaisessa eettisessä toimikunnassa. Saatekirjeessä selvitettiin tutkittaville tutkimuksen tarkoitus ja tietojen luottamuksellisuus sekä osallistumisen vapaaehtoisuus ja että tutkittava voi keskeyttää osallistumisen missä vaiheessa hyvänsä niin halutessaan. Työryhmällä oli aikaisempaa kokemusta vastaavien kyselyjen tekemisestä eri ammatti- ja työtekijäryhmissä. Raskautta ja työoloja koskevat kysymykset noudattelivat aiemmissa tutkimuksissa käytettyjä muotoiluja.

Tutkittavien tietosuojasta huolehdittiin lainsäädännön, Työterveyslaitoksen hyvän tietosuojakäytännön ja haettavien lupien ehtojen mukaisesti. Salassa pidettäviä tietoja ei luovutettu tutkimuksen ulkopuolisille tahoille eikä tulosten julkaisuista voi tunnistaa yksilöitä; tiedot julkaistaan ryhmiä kuvaavina taulukoina ja teksteinä. Tiedot säilytettiin lukituissa kaapeissa tiloissa, joihin on kulunvalvonta. Tietokonetiedostot suojattiin käyttäjätunnuksin ja salasanoin. Tiedot säilytetään pysyvästi Työterveyslaitoksen arkistointisääntöjen ja ohjeiden mukaan, koska kyseessä on väitöskirjatutkimus.

Tutkimusta varten saatiin Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiirin koordinoivan eettisen toimikunnan lausunto, ammattiliittojen lupa käyttää saatuja henkilöstötietoja sekä osallistujien suostumukset.

7 TIEDOTUS JA MUU TIEDON HYÖDYNTÄMINEN

Tuloksia julkaistaan tieteellisissä lehdissä ja alan ammattilehdissä. Niistä tiedotetaan myös työterveyshuolloissa ja työsuojelussa työskentelevien koulutustilaisuuksissa sekä yleistajuisissa julkaisuissa. Lisäksi tuloksista tiedotetaan esimerkiksi äitiysneuvoloissa ja äitiyspoliklinikoilla työskenteleville. Tutkimuksesta saatava tieto on käytettävissä, kun vuonna 2019 päivitetään julkaisua Ohjeet vaaran arvioimisesta erityisäitiysvapaan tarvetta harkittaessa (Työterveyslaitos). Samoin tutkimuksen tuloksia käytetään hyväksi Työterveyslaitoksen Raskaus ja työ -neuvontapalvelussa.

7.1 Kongressiabstractit

Jungewelter S, Taskinen H, Huutilainen M, Lindbohm ML, Sallmén M, Jansson-Verkasalo E. 2014. Occupational noise and pregnancy – new aspects in child’s language acquisition. NIVA Occupational Hazards and Reproductive Health, Espoo. 03.11.2014–06.11.2014. Posterabstractti.

Jungewelter S, Sallmén M, Airo E, Lindbohm ML, Taskinen H, Huutilainen M, Jansson-Verkasalo E. 2016. Occupational noise exposure during pregnancy – new aspects in child’s language acquisition. 8th International Conference on Children’s Health and the Environment; INCHES 2016, Barcelona. 14.09.2016–16.09.2016. Posterabstractti.

Jungewelter S, Lindbohm ML, Jansson-Verkasalo E, Sallmén M, Airo E, Huutilainen M, Taskinen H. 2017. The impact of occupational noise during pregnancy on children’s language acquisition at the age of two years. EPICOH 2017, Edinburgh. 28.08.2017–31.08.2017. Abstractti. Suullinen esitys.

Jungewelter S, Jansson-Verkasalo E, Lindbohm ML, Sallmén M, Airo E, Remes J, Huutilainen M, Taskinen H. 2018. Is occupational noise exposure during pregnancy related to language acquisition of the child? ICOH 2018, Dublin. 29.04.2018–04.05.2018. Abstractti. Suullinen esitys.

7.2 Muut julkaisut

Jungewelter S, Sallmén M, Airo E, Lindbohm ML, Taskinen H, Huutilainen M, Jansson-Verkasalo E. Occupational noise exposure during pregnancy – new aspects in children’s language acquisition. Proceedings of the 8th International Conference on Children’s Health and the Environment. Journal of Health and Pollution. 2016; Vol. 6, No. 12, pp. S1–S154.

Jungewelter S. Raskaana melussa – onko sikiötäkin syytä suojella melulta? Työterveyslääkäri. 2018;36(1):38–41.

8 LÄHTEET

Abrams RM, Gerhardt KJ. The acoustic environment and physiological responses of the fetus. *J Perinatol*. 2000;20(8Pt2):S31–6.

AFS 2007:05. Arbetsmiljöverkets föreskrifter om gravida och ammande arbetstagare och allmänna råd om tillämpningen av föreskrifterna.

At-vejledning A.1.8. Gravides og ammendes arbejds miljø. 2009.

Bates E, Bretherton I, Snyder L. From first words to grammar. Individual differences and dissociable mechanisms. New York: Cambridge University Press 1988.

Bishop DV, Edmundson A. Specific language impairment as a maturational lag: evidence from longitudinal data on language and motor development. *Dev Med Child Neurol*. 1987;29(4):442–59.

Chikahisa S, Sei H, Morishima M, Sano A, Kitaoka K, Nakaya Y, Morita Y. Exposure to music in the perinatal period enhances learning performance and alters BDNF/TrkB signaling in mice as adults. *Behav Brain Res*. 2006;169(2):312–9.

Chikahisa S, Sei H, Morishima M, Sano A, Kitaoka K, Miyamoto K, Sei H. Anxiolytic effect of music depends on ovarian steroid in female mice. *Behav Brain Res*. 2007;179(1):50–9.

Darrah J, Hodge M, Magill-Evans J, Kumbhavi G. Stability of serial assessments of motor and communication abilities in typically developing infants - implications for screening. *Early Hum Dev*. 2003;72(2):97–110.

Dromi E, Leonard LB, Adam G, Zadunaisky-Ehrlich S. Verb agreement morphology in Hebrew-speaking children with specific language impairment. *J Speech Lang Hear Res*. 1999; 42(6):1414–31.

European Agency for Safety and Health at Work. 2005¹. Reducing the risks from occupational noise.

European Agency for Safety and Health at Work. 2005². Noise in figures. Risk observatory 2. Thematic report.

European Union. Communication from the Commission on the Guidelines on the assessment of the chemical, physical and biological agents and industrial processes considered hazardous for the safety or health of pregnant workers and workers who have recently given birth or are breastfeeding. 2000. Com 2000/466 final. Council Directive 92/85/EEC.

European Union.

<http://eur-lex.europa.eu/legalcontent/EN/TXT/?uri=URISERV%3Ac11148>

Accessed on 15.11.2018.

Fenson L, Dale PS, Reznick JS, Bates E, Thal DJ, Pethick SJ. Variability in early communicative development. *Monogr Soc Res Child Dev.* 1994;59(5):1-173;discussion 174-85. Review.

Gerhardt KJ, Abrams RM, Huang X, Griffiths SK, Peters AJ. Intra-abdominal sound pressure levels during impulse noise exposure in sheep. *Mil Med.* 2000¹;165:153-156.

Gerhardt KJ, Abrams RM. Fetal exposures to sound and vibroacoustic stimulation. *J Perinat.* 2000²;20:20-29.

Haapala S, Niemitälo-Haapola E, Raappana A. Effects of recurrent acute otitis media on cortical speech-sound processing in 2-year old children. *Ear Hear.* 2014;35:e75-e83.

Haapala S, Niemitälo-Haapola E, Raappana A, Kujala Tiia, Kujala T, Jansson-Verkasalo E. Restricted consonant inventories on 2-year-old Finnish children with a history of recurrent acute otitis media. *First Lang.* 2015; 35(3):219-36.

Hartikainen AL, Sorri M, Anttonen H, Tuimala R, Läärä E. Effect of occupational noise on the course and outcome of pregnancy. *Scand J Work Environ Health* 20;1994:444-50.

Huotilainen M, Fellman V. Sitä äitiä kuuleminen jonka kohdussa asun. *Läketieteellinen Aikakauskirja Duodecim.* 2009;125(23):2573-7.

Huotilainen M. Building blocks of fetal cognition: emotion and language. *Infant Child Dev.* 19.1;2010:94-8.

Jansson-Verkasalo E, Korpilahti P, Jäntti V, Valkama M, Vainionpää L, Alku P, Suominen K, Näätänen R. Deficient speech-sound processing, as shown by electrophysiologic brain mismatch negativity response, and naming ability in prematurely born children. *Neuroscience Letters.* 2003;348:5-8.

Jansson-Verkasalo E, Valkama M. Hyvin pienipainoisina syntyneiden keskosten kielen kehitys ja kuuloheräevasteet. *Suomen Lääkärilehti.* 2005;60(49-50):5105-9.

Jansson-Verkasalo E, Ruusuvirta T, Huotilainen M, Alku P, Kushnerenko E, Suominen K, Rytty S, Luotonen M, Kaukola T, Tolonen U, Hallman M. Atypical perceptual narrowing in prematurely born infants is associated with compromised language acquisition at 2 years of age. *BMC Neurosci.* 2010;11:88.

Kalliolahi M. Jaetun tarkkaavaisuuden, esikielellisen kommunikaation ja sanaston tuottamisen yhteydet leikki-ikäisten kielellisiin ja kognitiivisiin taitoihin. Jyväskylän yliopisto. Master thesis 1998. URN:NBN:fi:juu-1998774933.



Kim H, Lee MH, Chang HK, Lee TH, Lee HH, Shin MC, Shin MS, Won R, Shin HS, Kim CJ. Influence of prenatal noise and music on the spatial memory and neurogenesis in the hippocampus of developing rats. *Brain Dev.* 2006;28(2):109–14.

Kuczaj S. The world of words: thoughts on the development of a lexicon. In: Barrett M (Ed.). *The development of language. Studies in developmental psychology.* pp133–60. East Sussex. UK. Psychology Press 1999.

Kujala T, Brattico E. Detrimental noise effects on brain's speech functions. *Biol Psychol.* 2009;81(3):135–43.

Laakso ML, Eklund K, Poikkeus AM. ESIKKO. Lapsen esikielellisen kommunikaation ja kielen ensikartoitus. Jyväskylä. Niilo Mäki Instituutti 2011.

Lalande NM, Héту R, Lambert J. Is occupational noise exposure during pregnancy a risk factor of damage to the auditory system of the fetus? *Am J Ind Med.* 1986;10:427–35.

Law J, Conti-Ramsden G. Treating children with speech and language impairments: six hours of therapy is not enough. *BMJ* 2000;321:908–9.

Lyytinen P, Poikkeus AM, Leivo M, Ahonen T, Lyytinen H. Parents as informants of their child's vocal and early language development. *Early Child Devel Care.* 1996;126:15–26.

Lyytinen P, Poikkeus AM, Laakso ML. Language and symbolic play in toddlers. *International Journal of Behavioural Development.* 1997;21(2):289–302.

Lyytinen P. Varhaisen kommunikaation ja kielen kehityksen arviointimenetelmä. Jyväskylän yliopiston Lapsitutkimuskeskus ja Niilo Mäki instituutti. Jyväskylä: Niilo Mäki Säätiö 1999.

Mäki-Jokela P, Nynäs P, Lindbohm ML, Frilander H. Työaltisteet ja raskaus. *Suomen Lääkärilehti.* 2014;15(69):1139–45.

Nieminen P. Äidin ja lapsen kommunikaatio ja lapsen kielen omaksuminen. Doctoral dissertation. University of Tampere 1991.

Niemitalo-Haapola E, Lapinlampi S, Jansson-Verkasalo E, Suominen K, Kujala Tiia, Kujala Teija. Background noise reduces and prohibits auditory discrimination in toddlers. Conference on the MMN (Mismatch Negativity). New York 2012. Poster.

Nurminen T, Kurppa K. Occupational noise exposure and course of pregnancy. *Scand J Work Environ Health.* 1989;15:117–24.

Nurminen T. Female noise exposure, shift work and reproduction. *J Occup Environ Med.* 1995;37(8):945–50.

Partanen E, Kujala T, Näätänen R, Liitola A, Sambeth A, Huotilainen M. Learning-induced neural plasticity of speech processing before birth. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2013b; 110(37):15145–50.

Porcaro C, Zappasodia F, Barbati G, Salustri C, Pizzella V, Gerhardt KJ, Xinyan Huang, Arrington KA, Meixner K, Abrams RM, Antonelli PJ. Fetal sheep in utero hear through bone conduction. *Am J Otolaryngol*. 1996;6:374–9.

Rocha EB, Frasson de Azevedo M, Ximenes Filho JA. Study of the hearing in children born from pregnant women exposed to occupational noise: Assessment by distortion product otoacoustic emissions. *Braz J Otorhinolaryngol*. 2007;73:359–69.

Selander J, Albin M, Rosenhall U, Rylander L, Lewné M, Gustavsson P. Maternal occupational exposure to noise during pregnancy and hearing dysfunction in children: A Nationwide Prospective Cohort Study. *Environ Health Perspect*. 2016;124(6):855–60.

Sosiaali- ja terveystieteen tutkimus- ja kehittämiskeskus (Stakes).

Taskinen H, Lindbohm ML, Frilander H. Ohjeet vaaran arvioimisesta erityisäitiysvapaan tarvetta harkittaessa. Työterveyslaitos 2006.

Thal D, Reilly J. Origins of language disorders. *Developmental Neuropsychology*. 1997; 13(3):233–7.

Kauppinen T, Mattila-Holappa P, Perkiö-Mäkelä M, Saalo A, Toikkanen J, Tuomivaara S, Uusulainen S, Viluksela M, Virtanen S. Työ ja Terveys Suomessa 2012. Työterveyslaitos 2012.

Työterveyslaitos. Tavoitetasot. https://www.ttl.fi/wp-content/uploads/2016/12/yhteenvetotaulukko_tavoitetasot.pdf

Accessed on 15.11.2018.

Wetherby AM, Prizant BM. Toward earlier identification of communication and language problems in infants and young children. In: Meisels SJ, Fenichel E (Eds.). *New visions for the developmental assessment of infants and young children*. Washington, D.C.: Zero to Three: The National Center for Infants, Toddlers, and Families. 1996. pp289–312.

Wetherby AM, Prizant BM. Communication and Symbolic Behavior Scales Developmental Profile. Infant/Toddler Checklist. Paul H. Brookes Publishing Co. 2002.

Wu TN, Chen LJ, Lai JS, Ko GN, Shen CY, Chang PY. Prospective study of noise exposure during pregnancy on birth weight. *Am J Epidemiol*. 1996;143(8):792–6.

Pitkä työura edellyttää kykyä oppia, mikä pääasiallisesti tapahtuu kielen ja käsitteiden avulla. Sikiön altistuminen melulle voi vaikuttaa keskuhermostolliseen kuullun prosessointiin ja välillisesti lapsen kielelliseen kehitykseen. Melulle altistuminen työelämässä on edelleen yleistä -myös raskaana olevilla.

Hankkeessa tutkittiin äidin raskaudenaikaisen työmelun vaikutusta lapsen kielelliseen kehitykseen ja tarkasteltiin sekä konemelun (teollisuustyö) että ihmismelun (päiväkotityö) vaikutuksia lasten ollessa 1- ja 2-vuotiaita äitien täyttämän kyselylomakkeen avulla. Työmelulle raskauden aikana altistuneiden äitien lasten kielellistä kehitystä verrattiin altistumattoman ryhmän kielelliseen kehitykseen. Hankkeessa tutkittiin myös äänen ja värinän etenemistä sikiöön kokeellisessa asetelmassa, jossa simuloitiin olosuhteita raskauden aikana.

On tärkeää ehkäistä haittoja rajoittamalla raskaudenaikaista melu- sekä värinäaltistumista. Tutkimuksen tulosten perusteella voidaan päivittää työpaikoille ja työterveyshuolloille annettavia ohjeita raskaana oleville sallituista melutasoista.



Työsuojelurahasto
Arbetskyddsfonden
The Finnish Work Environment Fund

Työterveyslaitos
Arbetshälsoinstitutet
Finnish Institute of Occupational Health

PL 40, 00032 Työterveyslaitos

www.ttl.fi

ISBN 978-952-261-807-8 (nid.)

ISBN 978-952-261-714-9 (PDF)